

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-080133
 (43)Date of publication of application : 28.03.1997

(51)Int.Cl.

G01R 33/02
 H01F 1/14
 H01L 43/00

(21)Application number : 07-236317

(71)Applicant : RES DEV CORP OF JAPAN

(22)Date of filing : 14.09.1995

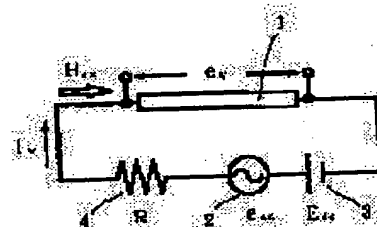
(72)Inventor : MORI KANEO

(54) MAGNETISM-IMPEDANCE ELEMENT AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a compact, high-sensitive, and new magnetism-impedance element with a quick response, and its manufacturing method.

SOLUTION: In the magnetism-impedance element, an amorphous wire 1 with spiral magnetic anisotropy and a high-frequency current 2 where DC 3 is superposed on the amorphous wire 1 is energized, thus attaining voltage amplitude E of the amorphous wire 1 to be asymmetric with an externally applied magnetic field H_{ex} .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

07.04.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3091398

[Date of registration]

21.07.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Magnetic - impedance component characterized by constituting so that the voltage swing of said magnetic substance may become unsymmetrical to an external impression field by energizing the high frequency current or pulse current which made the direct current superimpose on the magnetic substance which has a spiral-like magnetic anisotropy.

[Claim 2] It is magnetic - impedance component said whose magnetic substance is the amorphous magnetic substance in magnetic-impedance component according to claim 1.

[Claim 3] Said amorphous magnetic substance is a magnetic - impedance component whose diameter is an amorphous wire 100 micrometers or less in magnetic - impedance component according to claim 2.

[Claim 4] The manufacture approach of magnetic - impedance component characterized by giving the process which draws a line thinly in the manufacture approach of magnetic-impedance component in the magnetic substance which has the magnetic anisotropy of the (a) circumferencial direction, and forms a wire, and the process which applies and anneals tension on the (b) aforementioned wire, adds a twist to said wire, and carries out electrode immobilization of the both ends.

[Claim 5] The manufacture approach of magnetic - impedance component characterized by giving the process which carries out electrode immobilization of the both ends of a wire after annealing, where a predetermined twist is given to the (b) aforementioned wire, the process which draws a line thinly in the manufacture approach of magnetic-impedance component in the magnetic substance which has the magnetic anisotropy of the (a) circumferencial direction, and forms a wire.

[Claim 6] The manufacture approach of magnetic - impedance component characterized by using the amorphous wire of a CoSiB presentation as said wire in the manufacture approach of magnetic-impedance component according to claim 4 or 5.

[Claim 7] The manufacture approach of magnetic - impedance component characterized by using the amorphous wire of a FeCoSiB presentation as said wire in the manufacture approach of magnetic-impedance component according to claim 4 or 5.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to magnetic-impedance component and its manufacture approach, and relates to the head for magnetometric sensors which detects the magnetic head used for magnetic storage, such as a computer and information machines and equipment, magnetic recording, and those driving gear control, a field, a current, etc. The field of the invention to which this invention belongs is crossed to many fields, such as an industrial instrumentation consisting mainly of a computer, information machines and equipment, an information house electrical machinery machine, mechatronics, power electronics, a medical electron, and nondestructive inspection, environmental measurement, and earth magnetism, science measurement of rock magnetism use.

[0002] Furthermore, a minute dimension comparable as a hall device or a magnetic-reluctance (MR) component is possible, field detection sensitivity is 100 or more times of a hall device or MR component, and since it is comparable as a flux gate sensor, magnetic - impedance component is used in all fields on the industry for which the hall device, MR component, and the flux gate sensor are used, and, specifically, contributes to intelligence-ization of measurement and control.

[0003]

[Description of the Prior Art] Conventionally, as a technique of such a field, it is already proposed by the invention-in-this-application person as "a magnetic impedance effectiveness component" (JP, 7-181239, A). The circumferential direction permeability μ of the magnetic - impedance component, such as a zero magnetostriction amorphous wire, is the components from which the amplitude of the alternating voltage between the sample both ends which energize the high frequency current to the high thin mold magnetic substance, and appear changes sensitively to the external impression field of the sample die-length direction. According to the skin effect, since this changes with $|Z|^{1/\mu}$ (it increases by reduction and the RF by low frequency comparatively), it is called "magnetic - impedance (Magneto-Impedance) component" by change of said circumferential direction permeability μ according [the impedance Z of a conductive sample] to an external impression field, or is called MI component for short.

[0004] If 1MHz and 5mA are energized after drawing on the FeCoSiB amorphous wire of 30micrometer ϕ and 1mm length by which tension annealing was carried out, this MI component Since $|Z|$ carries out reduction (10%/Oe) about 50% by the external impression field Hex of 50Oe(s), it is a minute dimension comparable as the conventional MR component, and sensibility is those with about 100 times (the resistance rate of change of MR component is about 0.1%/Oe), and the micro magnetic cell of super-high sensitivity. However, to the sign of Hex, change of $|Z|$ is the same, and since it is a symmetry form, it cannot constitute a magnetometric sensor from as [this] like the case of MR component.

[0005] Then, if two reverse bias fields are mutually impressed using this MI component and the difference of two component electrical potential differences is detected, it will become the magnetometric sensor of high sensitivity, and it has the resolution of 10-50Oe, and has sensibility equivalent to a flux gate sensor to a uniform field. Since the head length of MI component can shorten detection sensitivity of a partial field to about 1mm, it is high sensitivity remarkably. Moreover, since a 100MHz - 200MHz oscillation can be easily performed if the resonance mold multivibrator combined with MI component, a bipolar transistor, or FET is constituted, in the case of the magnetometric sensor of an amplitude modulation mold, it becomes the magnetometric sensor of

the ultra high-speed response whose cut-off frequency is about 10MHz. The cut-off frequency of a flux gate sensor is about 1kHz.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As mentioned above, although MI component is a basic component which constitutes super-high sensitivity and a ultra high-speed micro magnetometric sensor, there is a point which should be improved. One of them is the impression approach of a bias field. A coil is energized on the (i) head and a direct current is energized in winding and its coil at the impression approach of a direct-current bias field. (ii) A permanent magnet (magnet) is arranged near the head. (iii) A coil is wound around the elasticity magnetic substance with a square shape BH property, a direct current is energized, and approaches, such as giving with the line of magnetic force by the saturation magnetization, are used conventionally.

[0007] However, they bar detailed-ization of a micro head and are troublesome, and these approaches are troublesome especially when using a wire head with a long dimension of dozens of centimeters like a high current sensor. [of adjustment] This invention removes the above-mentioned trouble, and it is small and it aims at offering new magnetic - impedance component in which a high response is possible, and its manufacture approach by high sensitivity.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, this invention is constituted in a [1] MAG-impedance component by energizing the high frequency current or pulse current which made the direct current superimpose on the magnetic substance which has a spiral-like magnetic anisotropy, and this magnetic substance so that the voltage swing of said magnetic substance may become unsymmetrical to the sign of an external impression field.

[0009] Therefore, it is small [with an unnecessary bias field impression means], and new magnetic - impedance component in which a high-speed response is possible can be obtained by high sensitivity.

[2] In magnetic - impedance component of the above-mentioned [1] publication, said magnetic substance is the amorphous magnetic substance. Therefore, since the amorphous magnetic substance has high electrical resistivity, an impedance can also be high, a miniaturization can be attained more and, moreover, the high sensibility to an external impression field can be obtained. [0010] [3] In magnetic - impedance component of the above-mentioned [2] publication, the diameter of said amorphous magnetic substance is an amorphous wire 100 micrometers or less. Therefore, a microminiaturization can be attained and the high sensibility to an external impression field can be obtained.

[4] In the manufacture approach of magnetic - impedance component, a line is thinly drawn in the magnetic substance which has the magnetic anisotropy of a circumferencial direction, and be made to give the process which forms a wire, the process which applies and anneals tension on said wire, and the process which adds a twist to this wire and carries out electrode immobilization of those both ends.

[0011] Therefore, it is small and magnetic - impedance component in which a high-speed response is possible can be easily manufactured by high sensitivity.

[5] In the manufacture approach of magnetic-impedance component, a line is thinly drawn in the magnetic substance which has the magnetic anisotropy of a circumferencial direction, and be made to give the process which carries out electrode immobilization of the both ends of a wire after annealing, where a predetermined twist is given to said wire, the process which forms a wire.

[0012] Therefore, it is small and magnetic - impedance component in which a high-speed response is possible can be easily manufactured by high sensitivity.

[6] Use the amorphous wire of a CoSiB presentation in the manufacture approach of magnetic - impedance component the above [4] or given in [5].

[7] Use the amorphous wire of a FeCoSiB presentation in the manufacture approach of magnetic - impedance component the above [4] or given in [5].

[0013]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to a detail. Drawing 1 is the block diagram of magnetic - impedance component showing the gestalt of operation of this invention. For an RF generator (eac) and 3, the magnetic substance (amorphous wire) with which 1 has the magnetic anisotropy of the shape of a spiral by twist stress in this drawing,

and 2 are [DC power supply (I_{dc}) and 4 / resistance (R) and Hex] the current I_w which is an external impression field and superimposed alternating current and a direct current on the amorphous wire 1. It excites and is the electrical potential difference E_w between amorphous wire 1 both ends. He is trying to obtain.

[0014] Drawing 2 is the explanatory view of the magnetic effect of the twist amorphous wire as a magnetic-impedance component of this invention. 11 twists in this drawing and they are an amorphous wire and I_b . The direct current which (I_{dc}) energizes, I_w The high frequency current to energize and Hex (I_{dc}) (ac) External impression field, K_u is a magnetic anisotropy and H'_{ex} is the K_u direction component of Hex, and H_b . (I_{dc}) is a direct current I_b . The circumferential direction bias field by (I_{dc}), H'_b H_b The K_u direction component of (I_{dc}), and H_i (ac) is I_w . The circumferential direction excitation field by (ac) and H'_i are H_i . It is the K_u direction component of (ac).

[0015] When using a wire head, twist it on a wire and it gives stress, and it is the opposite effect of magnetostriction, and magnetic-impedance component of this invention makes wire shaft orientations and a $\sim 45^\circ$ -degree spiral magnetic anisotropy guide to a wire surface layer, energizes a direct current to this, and generates a bias field. Since spiral anisotropy component $H_{\theta}/\sqrt{2}$ of circumferential direction field $H_{\theta} = I_{dc} / 2\pi a$ by the direct current I_{dc} (a : wire radius) and the synthetic field of spiral anisotropy component $H_{\theta}/\sqrt{2}$ of Hex turn into a direct-current field, the change property of the amplitude E of the wire electrical potential difference by the high frequency current I_{ac} over the external impression field Hex becomes unsymmetrical by energization of I_{dc} .

[0016] Therefore, if a reverse direct current I_{dc} is mutually impressed to two twist amorphous wire MI components and it installs in parallel, a magnetometric sensor can be constituted as it is. The high sensitivity magnetometric sensor of adjustable gain is constituted without installing a coil and a magnet in a micro head, since the sensibility of a sensor can also be adjusted if a direct current I_{dc} is adjusted. Especially in the case of the long configuration which goes around lead wire like a high current sensor head, the bias method by the head direct current is very effective, and can also lower the price of a sensor sharply.

[0017] When a direct current I_{dc} is equal to the amplitude of the high frequency current I_{ac} In the multivibrator oscillator circuit (refer to drawing 5) it is equivalent to the case where a half-wave rectification current is energized on a head, and according to two twist amorphous wire MI components and two transistors Since a half-wave rectification current flows for each MI component, it is not necessary to impress a direct current I_{dc} separately, and the magnetometric sensor in which a high-speed response is possible consists of high sensitivity which operates to stability only by one direct current voltage supply.

[0018]

[Example 1] Drawing 3 is a property Fig. to the external impression field of magnetic - impedance component which shows the 1st example of this invention, it gives 5/4 time per m of a twist to Co72, 5Si12, and the 5B15.0 amorphous wire of 20cm length and the diameter of 130 micrometer, carries out electrode immobilization of the both ends, and shows the property over the external impression field Hex of the above-mentioned amorphous wire voltage swing E when energizing 100kHz and 50mA.

[0019] In the case of direct-current $I_{dc}=0$, drawing 3 (a) is the case where drawing 3 (c) energizes [in drawing 3 (b)] the case of direct-current $I_{dc}=-25\text{mA}$, respectively in the case of direct-current $I_{dc}=25\text{mA}$. In addition, in these drawings, an axis of abscissa is the external impression field Hex (O_e), and an axis of ordinate is amorphous wire voltage swing E (mV). This Co72, 5Si12, and 5B15.0 amorphous wire are wires [being produced with an underwater super-quenching method (as-cast)] (130micrometerphi).

[0020] It turns out that an E -Hex property becomes unsymmetrical by energization of a direct current I_{dc} , and a direct current I_{dc} has the bias field generating effectiveness so that clearly from drawing 3. Furthermore, it turns out that sensibility $|dE/dHex|$ of the increment property of the amplitude E of the above-mentioned wire electrical potential difference to the increment in the external impression field Hex is the high sensitivity of 5 times or more of the change property shown in drawing 3 (a), and a direct current I_{dc} has the effectiveness of improvement in sensibility more than mere bias. The alternating current flux reversal of the direction of a spiral magnetic anisotropy serves as max by symmetrical magnetic domain wall vibration by $H_{\theta}+Hex=0$, and the amplitude E of the above-mentioned wire electrical potential difference shows maximum.

[0021] Drawing 4 is the difference E0 of the electrical potential difference of two twist MI components which show the 1st example of this invention. Difference E0 of the electrical potential difference of two twist MI components which are the property Figs. to an external impression field, and gave the property of drawing 3 (a) and drawing 3 (b) It is in direct proportion to the external impression field Hex, and becoming the magnetometric sensor of high sensitivity is shown. Drawing 5 is drawing showing the magnetometric sensor which has a multivibrator oscillator circuit with two twist MI components and two transistors which realize the property of drawing 4.

[0022] In this circuit, for two twist MI components, half-wave rectification flowed by turns by rectification actuation of a transistor, and the bias effectiveness has occurred. If the collectors of two transistors are connected by the capacitor, it will become a resonance mold multivibrator and will become a magnetometric sensor with little power consumption. Since all operate by one direct current voltage supply, it becomes a very simple head configuration.

[0023]

[Example 2] Drawing 6 is a property Fig. to the external impression field of magnetic-impedance component which shows the 2nd example of this invention, in addition, in this drawing, an axis of abscissa is the external impression field Hex (Oe), and an axis of ordinate is amorphous wire voltage swing E (mV). Fe4 which carried out tension annealing after 50micrometerphi and drawing with a die length of 10cm here — it is an E-Hex property in the sample which cut the wire which gave 1 time of a twist to -5 Co68Si12 and a 5B15 amorphous wire, and performed 600mA and energization joule heat treatment for 20 seconds to 2mm length. It turns out that the spiral magnetic anisotropy by the twist of energization heat treatment remains.

[0024]

[Example 3] Hereafter, the 3rd example of this invention is explained. Drawing 7 is drawing showing the example applied to the non-contact current sensor of the power line in which the 3rd example of this invention is shown. In this drawing, 21 twists an electrical conduction line, an insulating box and 23 twist 22, and an amorphous wire and 24 are transistor multivibrator sensors, and are the detection sensor of rated 400A, 60Hz, and the industrial use current of surge current 2000-4000A.

[0025] The current of the electrical conduction line 21 is detectable, setting the same twist amorphous wire 23 as the 1st example to 100cm, preparing two, installing in the periphery of the insulating box 22 of 30cm around, and offsetting a gap of a lead-wire location, as shown in drawing 7. The multivibrator shown in drawing 5 can consist of these two heads and two transistors.

[0026] Thus, since it constituted, the head configuration was able to constitute the portable current sensor for power it is remarkable and simple.

[0027]

[Example 4] Hereafter, the 4th example of this invention is explained. It is a property Fig. to the external impression field of magnetic-impedance component which shows the 4th example of this invention, and wire drawing of the CoSiB amorphous wire is carried out, thinning is carried out to 30micrometerphi, and drawing 8 is 2 2kg/mm. It is in the condition which impressed tension, and after heating for 1 minute at 475 degrees C, it is magnetic - impedance-characteristic Fig. of 0.5mm length of samples which quenched in air.

[0028] 2 times per m of twists are given to the above-mentioned CoSiB amorphous wire, both ends are fixed by soldering, 3mA and a current with an amplitude of 1MHz are energized on a wire, impressing the external impression field Hex in the wire die-length direction, and it is the 2 double value V0 of the amplitude of the induced voltage between wire both ends. It measured. When a direct current Idc was made to superimpose on wire alternating current, in direct-current Idc=0, it was a symmetry property, but when direct-current Idc=0.4mA was given, the magnetic - impedance effectiveness became unsymmetrical. V0 Almost fixed at ** Hex<0, by Hex>0, V0 went up in proportion to Hex. It is V0 to Hex**10Oe. It went up and became a property suitable for constituting a current sensor. Moreover, V0 of Hex>0 / inclination of Hex increased and high-sensitivity-ized about 4 times by giving a twist and a direct current Idc.

[0029] In addition, this invention is not limited to the above-mentioned example, and based on the meaning of this invention, various deformation is possible for it and it does not eliminate these from the range of this invention.

[0030]

[Effect of the Invention] As mentioned above, as explained to the detail, according to this invention, it

is small and new magnetic - impedance component in which a high response is possible can be obtained by high sensitivity. By using this magnetic-impedance component especially, detailed-ization of a micro head can be attained and adjustment can also be made easy.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of magnetic - impedance component showing the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 2] It is the explanatory view of the magnetic effect of the twist amorphous wire as a magnetic-impedance component of this invention.

[Drawing 3] It is a property Fig. to the external impression field of magnetic-impedance component which shows the 1st example of this invention.

[Drawing 4] Difference E0 of the electrical potential difference of two twist MI components which show the 1st example of this invention It is a property Fig. to an external impression field.

[Drawing 5] It is drawing showing the magnetometric sensor which has a multivibrator oscillator circuit with two twist MI components and two transistors which show the 1st example of this invention.

[Drawing 6] It is a property Fig. to the external impression field of magnetic-impedance component which shows the 2nd example of this invention.

[Drawing 7] It is drawing showing the example applied to the non-contact current sensor of the power line in which the 3rd example of this invention is shown.

[Drawing 8] It is a property Fig. to the external impression field of magnetic-impedance component which shows the 4th example of this invention.

[Description of Notations]

1 Magnetic Substance Which Has Spiral-like Magnetic Anisotropy. (Amorphous Wire)

2 RF Generator (Eac)

3 DC Power Supply (Edc)

4 Resistance (R)

Hex External impression field

ew Electrical potential difference between amorphous wire both ends

11 23 It twists and is an amorphous wire.

21 Electrical Conduction Line

22 Insulating Box

24 Transistor Multivibrator Sensor

[Translation done.]

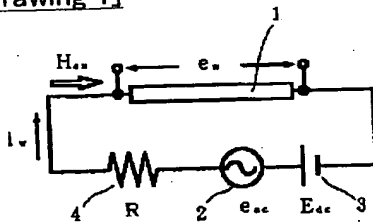
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

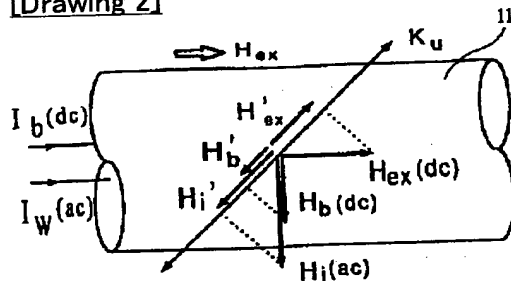
DRAWINGS

[Drawing 1]

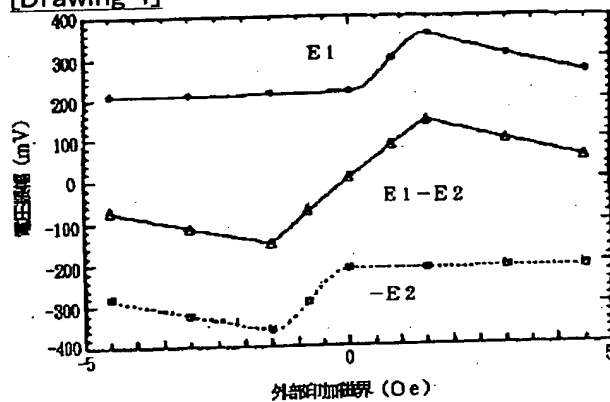


1 : アモルファスワイヤ 2 : 高周波電源 (e_{ac})
 3 : 直流電源 (E_{dc}) 4 : 抵抗 (R)
 H_{ex} : 外部印加磁界 e : アモルファスワイヤ誘起電圧

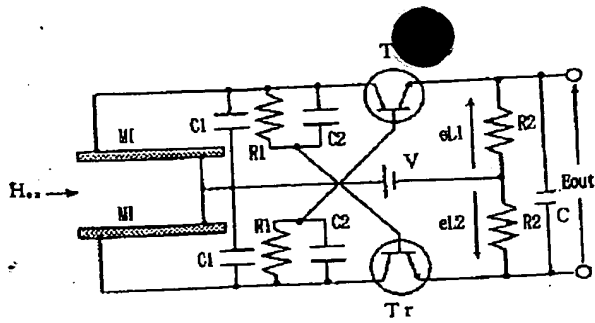
[Drawing 2]



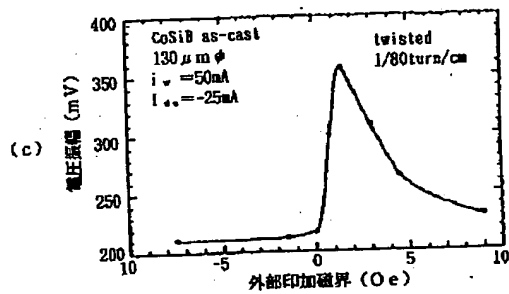
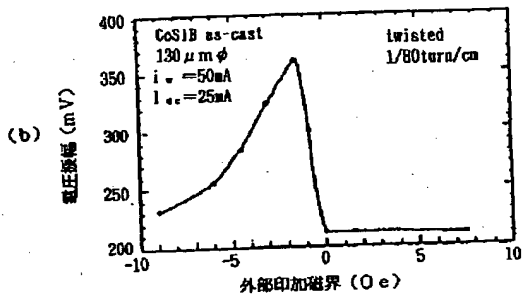
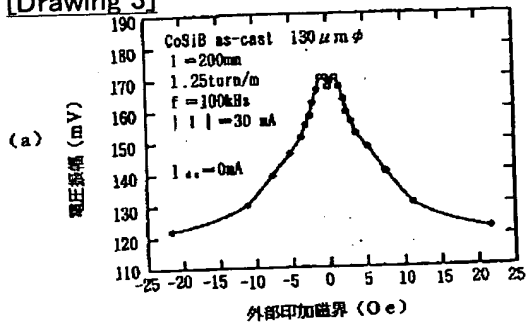
[Drawing 4]



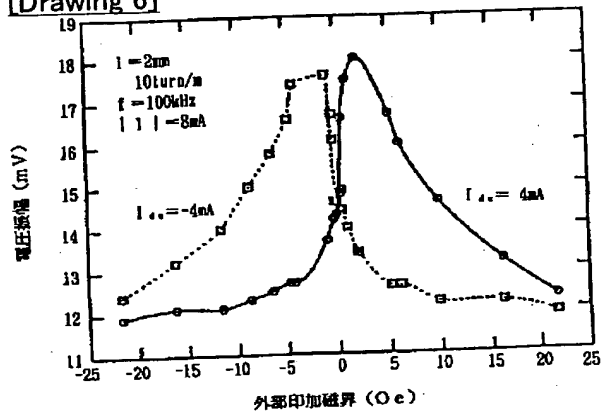
[Drawing 5]



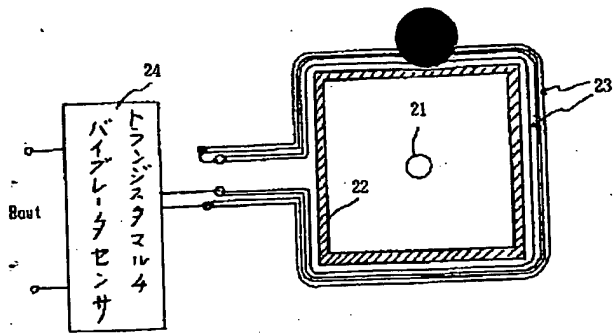
[Drawing 3]



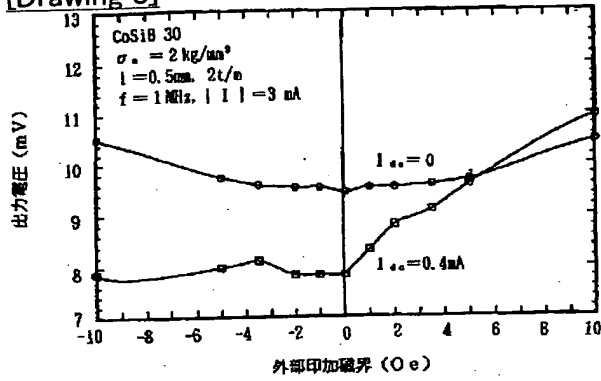
[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-80133

(43) 公開日 平成9年(1997)3月28日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 R 33/02

G 0 1 R 33/02

D

H 0 1 F 1/14

H 0 1 L 43/00

H 0 1 L 43/00

H 0 1 F 1/14

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-236317

(22) 出願日 平成7年(1995)9月14日

特許法第30条第1項適用申請有り 1995年4月1日
(社) 日本応用磁気学会発行の「日本応用磁気学会誌
V o l . 19 N o . 2」に発表

(71) 出願人 390014535

新技術事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72) 発明者 毛利 佳年雄

愛知県名古屋市天白区天白町大字島田黒石

3911-3

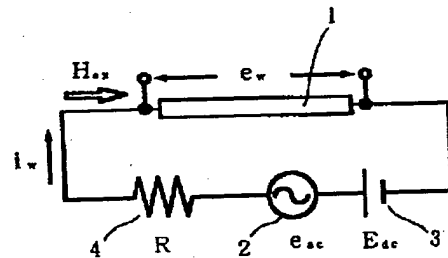
(74) 代理人 弁理士 清水 守

(54) 【発明の名称】 磁気-インピーダンス素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 小型であり、高感度で高速応答が可能な、新規な磁気-インピーダンス素子及びその製造方法を得る。

【解決手段】 スパイラル状の磁気異方性を有するアモルファスワイヤ1と、このアモルファスワイヤ1に直流を重畳させた高周波電流を通電することにより、前記アモルファスワイヤ1の電圧振幅Eが外部印加磁界 H_{ex} に対して非対称となるように構成した。



1 : アモルファスワイヤ 2 : 高周波電源 (e_{ac})
3 : 直流電源 (E_{dc}) 4 : 抵抗 (R)
 H_{ex} : 外部印加磁界 e_w : アモルファスワイヤ両端間電圧

【特許請求の範囲】

【請求項1】 スパイラル状の磁気異方性を有する磁性体に直流を重畳させた高周波電流またはパルス電流を通電することにより、前記磁性体の電圧振幅が外部印加磁界に対して非対称となるように構成したことを特徴とする磁気インピーダンス素子。

【請求項2】 請求項1記載の磁気インピーダンス素子において、前記磁性体はアモルファス磁性体である磁気インピーダンス素子。

【請求項3】 請求項2記載の磁気インピーダンス素子において、前記アモルファス磁性体は直径が100 μ m以下のアモルファスワイヤである磁気インピーダンス素子。

【請求項4】 磁気インピーダンス素子の製造方法において、(a)円周方向の磁気異方性を有する磁性体を細く線引きし、ワイヤを形成する工程と、(b)前記ワイヤに張力を加えアニールし、前記ワイヤにひねりを加え、その両端を電極固定する工程とを施すことを特徴とする磁気インピーダンス素子の製造方法。

【請求項5】 磁気インピーダンス素子の製造方法において、(a)円周方向の磁気異方性を有する磁性体を細く線引きし、ワイヤを形成する工程と、(b)前記ワイヤに所定のひねりを与えた状態でアニールした後、ワイヤの両端を電極固定する工程とを施すことを特徴とする磁気インピーダンス素子の製造方法。

【請求項6】 請求項4又は5記載の磁気インピーダンス素子の製造方法において、前記ワイヤとしてCoSiB組成のアモルファスワイヤを用いることを特徴とする磁気インピーダンス素子の製造方法。

【請求項7】 請求項4又は5記載の磁気インピーダンス素子の製造方法において、前記ワイヤとしてFeCoSiB組成のアモルファスワイヤを用いることを特徴とする磁気インピーダンス素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気インピーダンス素子及びその製造方法に係り、コンピュータや情報機器等の磁気記憶や磁気記録及びそれらの駆動装置制御に用いられる磁気ヘッド、磁界や電流等を検出する磁気センサ用ヘッドに関するものである。本発明の属する利用分野は、コンピュータ、情報機器、情報家電機器、メカトロニクス、パワーエレクトロニクス、医用電子、非破壊検査を中心とする工業計測や環境計測、地磁気や岩石磁気利用の科学計測等の多くの分野にわたる。

【0002】更に具体的には、磁気インピーダンス素子が、ホール素子や磁気抵抗(MR)素子と同程度の微小寸法が可能で、磁界検出感度がホール素子やMR素子の100倍以上であり、フラックスゲートセンサと同程度であるため、ホール素子、MR素子、フラックスゲートセンサが利用されている産業上、全ての分野で使用さ

れ、計測・制御の知能化に貢献する。

【0003】

【従来の技術】従来、このような分野の技術としては、既に、本願発明者によって、「磁気インピーダンス効果素子」(特開平7-181239号公報)として提案されている。その磁気インピーダンス素子は、零磁歪アモルファスワイヤ等の円周方向透磁率 μ が、高い細型磁性体に高周波電流を通電して現れる試料両端間の交流電圧の振幅が、試料長さ方向の外部印加磁界に対して敏感に変化する素子である。これは、表皮効果により導電性試料のインピーダンス Z が、外部印加磁界による前記円周方向透磁率 μ の変化により、 $|Z| \propto \sqrt{\mu}$ によって変化(比較的低周波では減少、高周波では増加)するので、「磁気インピーダンス(Magneto-Impedance)素子」と称され、またはMI素子と略称される。

【0004】このMI素子は、線引き後、張力アニールされた30 μ m ϕ 、1mm長のFeCoSiBアモルファスワイヤに1MHz、5mAを通電すると、5Oeの外部印加磁界 H_{ex} で $|Z|$ が約50%減少(10%/Oe)するので、従来のMR素子と同程度の微小寸法で、感度は約100倍(MR素子の抵抗変化率は約0.1%/Oe)あり、超高感度のマイクロ磁気素子である。しかし、 $|Z|$ の変化は、 H_{ex} の符号に対して同一で対称形であるので、MR素子の場合と同様に、このままでは磁気センサを構成することはできない。

【0005】そこで、このMI素子を2本用いて互いに逆のバイアス磁界を印加し、2本の素子電圧の差を検波すると高感度の磁気センサとなり、 10^{-5} Oeの分解能をもち、一様磁界に対してはフラックスゲートセンサと同等の感度をもつ。局所磁界の検出感度はMI素子のヘッド長が1mm程度まで短くすることができるので、著しく高感度である。また、MI素子とバイポーラトランジスタまたはFETと組み合わせた共振型マルチパイプレータを構成すると100MHz \sim 200MHzの発振が容易にできるので、振幅変調型の磁気センサの場合は、遮断周波数が10MHz程度の超高速応答の磁気センサとなる。フラックスゲートセンサの遮断周波数は1kHz程度である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、MI素子は超高感度、超高速のマイクロ磁気センサを構成する基本素子であるが、改良すべき点がある。その一つがバイアス磁界の印加方法である。直流バイアス磁界の印加方法には、(i)ヘッドにコイルを巻回し、そのコイルに直流電流を通電する。(ii)永久磁石(マグネット)をヘッドの近傍に配置する。(iii)角形BH特性をもつ軟質磁性体にコイルを巻回して直流電流を通電して、その飽和磁化による磁力線によって与える等の方法が、従来用いられている。

【0007】しかし、これらの方法は、マイクロヘッドの微細化を妨げ、調整も面倒であり、大電流センサのように数十センチメートルの長寸法のワイヤヘッドを用いる場合は特に面倒である。本発明は、上記問題点を除去し、小型であり、高感度で高応答が可能な、新規な磁気インピーダンス素子及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕磁気インピーダンス素子において、スパイラル状の磁気異方性を有する磁性体と、この磁性体に直流を重畳させた高周波電流またはパルス電流を通電することにより、前記磁性体の電圧振幅が外部印加磁界の符号に対して非対称となるように構成する。

【0009】したがって、バイアス磁界印加手段の不要な、小型であり、高感度で高速応答が可能な、新規な磁気インピーダンス素子を得ることができる。

〔2〕上記〔1〕記載の磁気インピーダンス素子において、前記磁性体はアモルファス磁性体である。したがって、アモルファス磁性体は電気抵抗率が高いため、インピーダンスも高く、より小型化を図ることができ、しかも外部印加磁界に対する高い感度を得ることができる。

【0010】〔3〕上記〔2〕記載の磁気インピーダンス素子において、前記アモルファス磁性体は直径が $100\mu\text{m}$ 以下のアモルファスワイヤである。したがって、超小型化を図ることができ、外部印加磁界に対する高い感度を得ることができる。

〔4〕磁気インピーダンス素子の製造方法において、円周方向の磁気異方性を有する磁性体を細く線引きし、ワイヤを形成する工程と、前記ワイヤに張力を加えアニールする工程と、このワイヤにひねりを加え、その両端を電極固定する工程とを施すようにしたものである。

【0011】したがって、小型であり、高感度で高速応答が可能な磁気インピーダンス素子を容易に製造することができる。

〔5〕磁気インピーダンス素子の製造方法において、円周方向の磁気異方性を有する磁性体を細く線引きし、ワイヤを形成する工程と、前記ワイヤに所定のひねりを与えた状態でアニールした後、ワイヤの両端を電極固定する工程とを施すようにしたものである。

【0012】したがって、小型であり、高感度で高速応答が可能な磁気インピーダンス素子を容易に製造することができる。

〔6〕上記〔4〕又は〔5〕記載の磁気インピーダンス素子の製造方法において、 CoSiB 組成のアモルファスワイヤを用いるようにしたものである。

〔7〕上記〔4〕又は〔5〕記載の磁気インピーダンス素子の製造方法において、 FeCoSiB 組成のアモ

ルファスワイヤを用いるようにしたものである。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。図1は本発明の実施の形態を示す磁気インピーダンス素子の構成図である。この図において、1はひねり応力によるスパイラル状の磁気異方性を有する磁性体（アモルファスワイヤ）、2は高周波電源（ e_{ac} ）、3は直流電源（ E_{dc} ）、4は抵抗（ R ）、 H_{ex} は外部印加磁界であり、アモルファスワイヤ1に交流電流及び直流電流を重畳した電流 i_w で励磁し、アモルファスワイヤ1両端間電圧 e_w を得るようにしている。

【0014】図2は本発明の磁気インピーダンス素子としてのひねりアモルファスワイヤの磁気効果の説明図である。この図において、 I_1 はひねりアモルファスワイヤ、 I_b （ dc ）は通電される直流電流、 I_w （ ac ）は通電される高周波電流、 H_{ex} （ dc ）は外部印加磁界、 K_u は磁気異方性、 H'_{ex} は H_{ex} の K_u 方向成分、 H_b （ dc ）は直流電流 I_b （ dc ）による円周方向バイアス磁界、 H'_b は H_b （ dc ）の K_u 方向成分、 H_1 （ ac ）は I_w （ ac ）による円周方向励磁磁界、 H'_1 は H_1 （ ac ）の K_u 方向成分である。

【0015】本発明の磁気インピーダンス素子は、ワイヤヘッドを用いる場合は、ワイヤにひねり応力を与えて磁歪の逆効果で、ワイヤ表面層にワイヤ軸方向と $\pm 45^\circ$ のスパイラル磁気異方性を誘導させ、これに直流電流を通電してバイアス磁界を発生させたものである。直流電流 I_{dc} による円周方向磁界 $H_\theta = I_{dc} / 2\pi a$ （ a ：ワイヤ半径）のスパイラル異方性成分 $H_\theta / \sqrt{2}$ と、 H_{ex} のスパイラル異方性成分 $H_{ex} / \sqrt{2}$ の合成磁界が直流磁界となるので、外部印加磁界 H_{ex} に対する高周波電流 i_{ac} によるワイヤ電圧の振幅 E の変化特性は I_{dc} の通電によって非対称になる。

【0016】したがって、2本のひねりアモルファスワイヤMI素子に、互いに逆の直流電流 I_{dc} を印加して平行に設置すれば、そのまま磁気センサを構成できることになる。直流電流 I_{dc} を調整すれば、センサの感度も調整できるので、マイクロヘッドにコイルやマグネットを設置することなく、可変利得の高感度磁気センサが構成される。特に、大電流センサヘッドのように導線を一周する長い形状の場合は、ヘッド直流電流によるバイアス法は、極めて有効であり、センサの価格も大幅に下げることができる。

【0017】直流電流 I_{dc} が高周波電流 i_{ac} の振幅に等しい場合は、ヘッドに半波整流電流を通電した場合と等価であり、2本のひねりアモルファスワイヤMI素子と、2本のトランジスタによるマルチバイブレータ発振回路（図5参照）では、各MI素子には半波整流電流が流れるので、直流電流 I_{dc} を別個に印加する必要がなく、1個の直流電圧源のみで安定に動作する高感度で高速応答が可能な磁気センサが構成される。

【0018】

【実施例1】図3は本発明の第1実施例を示す磁気インピーダンス素子の外部印加磁界に対する特性図であり、20cm長、130 μ m径のCo_{72.5}Si_{12.5}B_{15.0}アモルファスワイヤに1mあたり5/4回のひねりを与えて両端を電極固定し、100kHz、50mAを通電したときの上記アモルファスワイヤ電圧振幅Eの外部印加磁界H_{ex}に対する特性を示している。

【0019】図3(a)は直流電流I_{dc}=0の場合、図3(b)は直流電流I_{dc}=25mAの場合、図3(c)は直流電流I_{dc}=-25mAの場合をそれぞれ通電した場合である。なお、これらの図において、横軸は外部印加磁界H_{ex}(Oe)、縦軸はアモルファスワイヤ電圧振幅E(mV)である。このCo_{72.5}Si_{12.5}B_{15.0}アモルファスワイヤは、水中超急冷法で作製されたまま(as-cast)のワイヤ(130 μ m ϕ)である。

【0020】図3から明らかなように、直流電流I_{dc}の通電でE-H_{ex}特性が非対称になり、直流電流I_{dc}がバイアス磁界発生効果をもつことが分かる。更に、外部印加磁界H_{ex}の増加に対する上記ワイヤ電圧の振幅Eの増加特性の感度 $|\partial E / \partial H_{ex}|$ が、図3(a)に示す変化特性の5倍以上の高感度になっており、直流電流I_{dc}が単なるバイアス以上に感度の向上の効果をもつことが分かる。スパイラル磁気異方性方向の交流磁束変化は、 $H\theta + H_{ex} = 0$ で対称な磁壁振動により最大となり、上記ワイヤ電圧の振幅Eは最大値を示す。

【0021】図4は本発明の第1実施例を示す2本のひねりMI素子の電圧の差E₀の外部印加磁界に対する特性図であり、図3(a)と図3(b)の特性をもたせた2本のひねりMI素子の電圧の差E₀が外部印加磁界H_{ex}に正比例し、高感度の磁気センサになることを示している。図5は、図4の特性を実現する2本のひねりMI素子と2個のトランジスタによるマルチバイブレータ発振回路を有する磁気センサを示す図である。

【0022】この回路では、2本のひねりMI素子にはトランジスタの整流動作によって半波整流が交互に流れ、バイアス効果が発生している。2個のトランジスタのコレクタ同士をコンデンサで接続すれば、共振型マルチバイブレータとなり、消費電力の少ない磁気センサになる。いずれも1個の直流電圧源で動作するので、極めて簡便なヘッド構成となる。

【0023】

【実施例2】図6は本発明の第2実施例を示す磁気インピーダンス素子の外部印加磁界に対する特性図であり、なお、この図において、横軸は外部印加磁界H_{ex}(Oe)、縦軸はアモルファスワイヤ電圧振幅E(mV)である。ここでは、50 μ m ϕ 、長さ10cmの線引き後、張力アニールしたFe₄₅Co₆₈Si_{12.5}B₁₅アモルファスワイヤに1回のひねりを与え、600mA、20秒の通電ジュール熱処理を施したワイヤを2m

m長に切断した試料におけるE-H_{ex}特性である。通電熱処理のひねりによるスパイラル磁気異方性が残留していることが分かる。

【0024】

【実施例3】以下、本発明の第3実施例について説明する。図7は本発明の第3実施例を示す電力線の非接触電流センサへ応用した例を示す図である。この図において、21は電導線、22は絶縁ボックス、23はひねりアモルファスワイヤ、24はトランジスタマルチバイブレータセンサであり、定格400A、60Hz、サージ電流2000~4000Aの工業用電流の検出センサである。

【0025】図7に示すように、第1実施例と同様のひねりアモルファスワイヤ23を100cmにして2本用意し、30cm四方の絶縁ボックス22の外周に設置して、導線位置のずれを相殺しつつ電導線21の電流を検出することができる。この2本のヘッドと2個のトランジスタで図5に示したマルチバイブレータを構成することができる。

【0026】このように構成したので、ヘッド構成が著しく簡便で、かつ携帯可能な電力用電流センサを構成することができた。

【0027】

【実施例4】以下、本発明の第4実施例について説明する。図8は本発明の第4実施例を示す磁気インピーダンス素子の外部印加磁界に対する特性図であり、CoSiBアモルファスワイヤを線引して30 μ m ϕ まで細線化し、2kg/mm²の張力を印加した状態で、475℃で1分間加熱した後、空気中で急冷した試料0.5m長の磁気インピーダンス特性図である。

【0028】上記CoSiBアモルファスワイヤに1m当たり2回のひねりを与えて両端を半田付で固定し、ワイヤ長さ方向に外部印加磁界H_{ex}を印加しながらワイヤに3mA、振幅1MHzの電流を通電して、ワイヤ両端間の誘起電圧の振幅の2倍値V₀を測定した。直流電流I_{dc}をワイヤ交流電流に重畳させたとき、直流電流I_{dc}=0では対称特性であるが、直流電流I_{dc}=0.4mAを与えたとき、磁気インピーダンス効果は非対称となった。V₀はH_{ex}<0ではほぼ一定であり、H_{ex}>0では、V₀はH_{ex}に比例して上昇した。H_{ex}≒100eまではV₀は上昇し、電流センサを構成するのに適した特性となった。また、ひねりと直流電流I_{dc}を与えることにより、H_{ex}>0でのV₀/H_{ex}の勾配が約4倍に増大し、高感度化した。

【0029】なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0030】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明に

よれば、小型であり、高感度で高応答が可能な、新規な磁気インピーダンス素子を得ることができる。特に、この磁気インピーダンス素子を用いることにより、マイクロヘッドの微細化を図り、調整も容易にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態を示す磁気インピーダンス素子の構成図である。

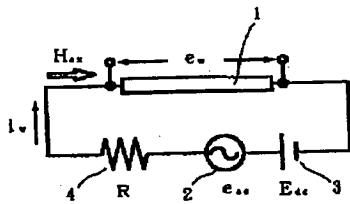
【図2】本発明の磁気インピーダンス素子としてのひねりアモルファスワイヤの磁気効果の説明図である。

【図3】本発明の第1実施例を示す磁気インピーダンス素子の外部印加磁界に対する特性図である。

【図4】本発明の第1実施例を示す2本のひねりMI素子の電圧の差 E_0 の外部印加磁界に対する特性図である。

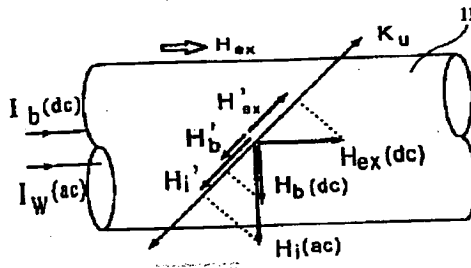
【図5】本発明の第1実施例を示す2本のひねりMI素子と2個のトランジスタによるマルチバイブレータ発振回路を有する磁気センサを示す図である。

【図1】

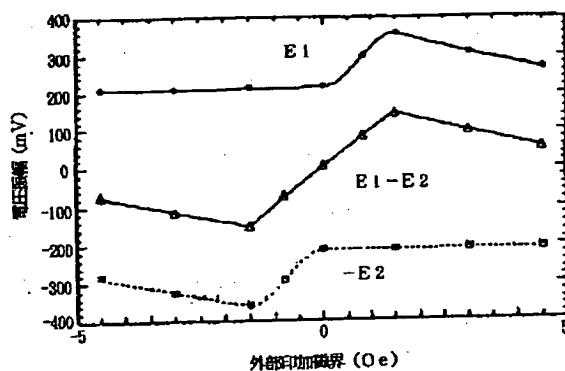


1: アモルファスワイヤ 2: 高周波電源 (e_{ac})
3: 直流電源 (E_{dc}) 4: 抵抗 (R)
 H_{ex} : 外部印加磁界 e_w : アモルファスワイヤ両端間電圧

【図2】



【図4】



【図6】本発明の第2実施例を示す磁気インピーダンス素子の外部印加磁界に対する特性図である。

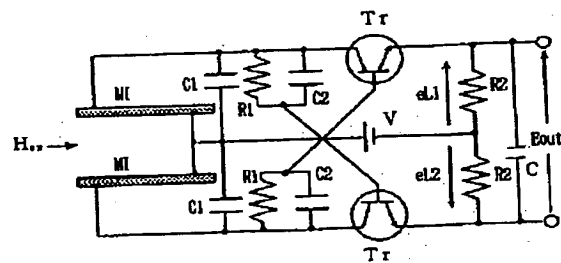
【図7】本発明の第3実施例を示す電力線の非接触電流センサへ応用した例を示す図である。

【図8】本発明の第4実施例を示す磁気インピーダンス素子の外部印加磁界に対する特性図である。

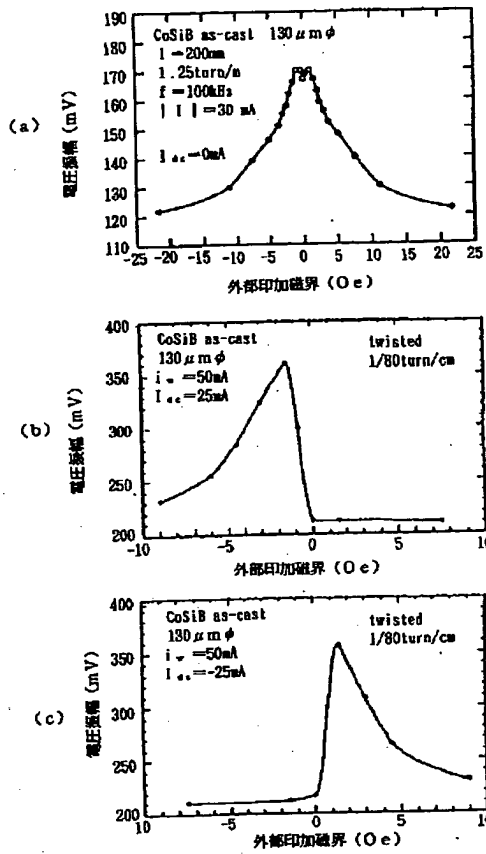
【符号の説明】

- 1 スパイラル状の磁気異方性を有する磁性体 (アモルファスワイヤ)
- 2 高周波電源 (e_{ac})
- 3 直流電源 (E_{dc})
- 4 抵抗 (R)
- H_{ex} 外部印加磁界
- e_w アモルファスワイヤ両端間電圧
- 11, 23 ひねりアモルファスワイヤ
- 21 電導線
- 22 絶縁ボックス
- 24 トランジスタマルチバイブレータセンサ

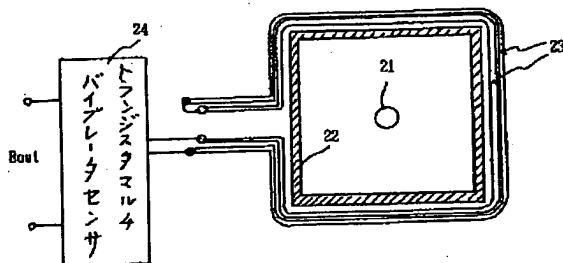
【図5】



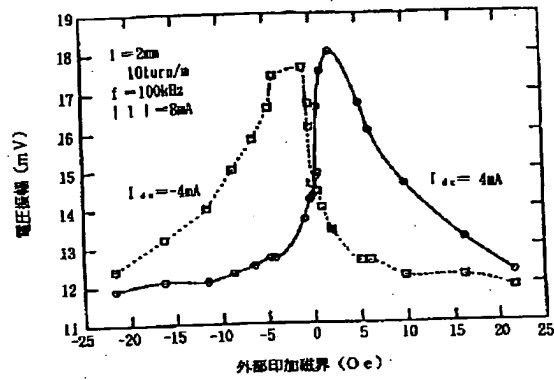
【図3】



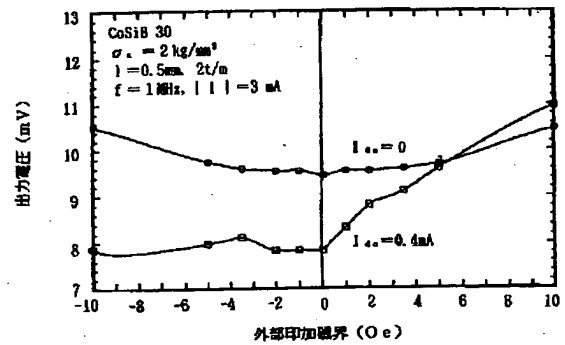
【図7】



【図6】



【図8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.